

- 2.Козлов А. Промислові стандарти бездротової передачі даних // CHIP news-Україна. – 2008. – №7. – С.18-21.
- 3.Опис стандартів ZigBee [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ZigBee>.
- 4.Погибелев Е. Розробка системи з бездротовою передачею даних для моніторингу обласного газового господарства // Новини електроніки. – 2007. – №14. – С.46-48.
- 5.Термостати 4-NOKS з мережним інтерфейсом ZigBee [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ixbt.com/news/hard>.
- 6.Скусов А. ZigBee: огляд бездротової технології // Компоненти й технології. – 2005. – №3. – С.176.
- 7.Кривченко Т.І., Ловяго В. Технологія ZigBee: бойове хрещення в російських умовах // Бездротові технології. – 2008. – №2. – С.26.
- 8.Кривченко Т.І. Технологія ZigBee // Комунальний комплекс Росії. – 2006. – №4. – С.36-38.
- 9.Пушкарьов О. ZigBee-модулі XBee: нові можливості // Бездротові технології. – 2008. – №4. – С.21-22.
- 10.Автоматичне зчитування лічильників. Збір даних у кінцевого користувача за допомогою Zigbee DIWICON 3000 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.casonplc.com.

Отримано 26.05.2011

УДК [519.95+518.5]: 622.692.4

Н.Н.НОВИЦКИЙ, д-р техн. наук

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г.Иркутск
(Российская Федерация)*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ: АРГУМЕНТЫ, СОДЕРЖАНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Рассматриваются вопросы разработки научно-технического направления Smart Grid и его применения для трубопроводных систем. Вводится понятие интеллектуальных трубопроводных систем и дается их характеристика.

The issues of development of scientific and technical direction of Smart Grid and its application for pipeline systems are considered. The notion of intelligent piping systems is introduced and their characteristics are given.

Розглядаються питання розробки науково-технічного напрямку Smart Grid і його застосування для трубопровідних систем. Вводиться поняття інтелектуальних трубопровідних систем і дається їх характеристика.

Ключевые слова: Smart Grid, интеллектуальные трубопроводные системы.

В настоящее время в электроэнергетике активно обсуждается концепция интеллектуальных сетей (Smart Grid), первоначально сформулированная в промышленно развитых странах Запада (в первую очередь США и ЕС), и принятая там, в роли стратегического направления инновационного развития энергетики [1]. Следует отметить, что до сих пор нет однозначного определения понятия Smart Grid, его содержания, преследуемых целей, состава решаемых проблем, путей их решения.

Тем не менее, представляется, что применительно к российским условиям становление интеллектуальных энергетических систем, включая трубопроводные системы (ТПС), это закономерный процесс, объективно обусловленный накоплением критической массы достижений науки, техники и социально-экономического развития общества. Причем, именно в силу российской специфики, нецелесообразно ограничиваться только электроэнергетическими системами. Обширная территория, большая часть которой находится в суровых северных условиях, обусловили наличие уникальных по своим масштабам, мощности, разнообразию и количеству ТПС газо-, нефте-, тепло-, водоснабжения и др., а проблема энерго- и ресурсосбережения здесь уже давно осознана как одно из важнейших направлений энергетической политики [2, 3]. Поэтому создание интеллектуальных трубопроводных систем (ИТПС) следует рассматривать как долгосрочную концепцию инновационного преобразования ТПС.

Цели создания ИТПС и их ключевые свойства. Основная цель – создание принципиально новой платформы, в рамках которой становится возможным эффективное согласование интересов, требований и возможностей всех сторон, участвующих (или заинтересованных) в процессах получения, транспорта и потребления целевого продукта. Потребителю здесь отводится роль активного, равноправного участника, влияющего не только на объемы потребления, но и на качество, цены, и другие требования. В итоге появляется почва для стимулирования процессов совершенствования технологического управления и повышения на этой основе общего уровня эффективности, надежности и качества функционирования ТПС.

Сформулируем основные признаки, которые отличают концепцию ИТПС от того, что имеется в настоящее время, а также от других возможных концепций преобразования или модернизации ТПС.

1. Высокий уровень управляемости системы, как основного способа гармонизации требований потребителей и возможностей производителей (поставщиков).
2. Наличие единого информационного пространства, обеспечивающего наблюдаемость процесса выработки, распределения и потребления для всех участников этого процесса.
3. Высокий удельный вес цифровых, информационных, телекоммуникационных технологий, методов математического моделирования и оптимизации в реальных контурах наблюдения, управления и принятия решений.

Понятия управляемости и наблюдаемости ТПС, рассмотренные, например в [4] с технологической точки зрения, в данном контексте уже

приобретают и экономический аспект. Так гармонизация требований потребителей и возможностей производителей может быть обеспечена как за счет совершенствования систем технологического управления, так и путем перехода к гибкой тарифной политике. Для эффективного управления производитель должен иметь полную информацию о процессах потребления, а потребитель – о возможностях системы, степени их рационального использования и тарифных условиях. Таким образом, информационное пространство должно быть открытым для всех участников процесса, поскольку именно оно выступает в роли системообразующего фактора ИТПС.

Задачи создания ИСТ. Реализация концепции ИТПС предполагает рассмотрение и решение комплекса нормативно-правовых, технических, технологических, экономических, информационных и других вопросов. В том числе требуется пересмотр сложившейся практики проектирования, эксплуатации и диспетчерского управления ТПС.

Проектирование ИТПС. Традиционно, проектирование ТПС, ведется на один, так называемый расчетный режим максимальной нагрузки, что вытекает из требования гарантированного снабжения потребителей в любых условиях. Вместе с тем, пребывание системы в этом режиме составляет лишь небольшую долю времени ее функционирования, а может и вообще не иметь места. В сочетании с низкой управляемостью и слабой адаптивностью ТПС к меняющимся условиям это ведет к завышению вложений в развитие и затрат на эксплуатацию.

Традиционные требования при проектировании ТПС – экономическая эффективность проектов с учетом требований надежности. Сложившаяся практика проектирования не предусматривает обеспечения управляемости ТПС в целом, а требования и нормативы по управляемости ТПС вовсе отсутствуют. В лучшем случае применяются типовые схемы локальной автоматизации отдельных сооружений (насосных станций, резервуарных парков и др.). Соответственно, проектируемые ТПС не способны эффективно функционировать на множестве возможных режимов.

Концепция проектирования ИТПС должна предусматривать разработку и применение нормативов, стандартов и методов анализа и синтеза управляемых и наблюдаемых ТПС. При этом эффективность проектов должна оцениваться с учетом эффективности будущего функционирования ТПС. Это предполагает расширение спектра задач проектирования, включая задачи: обоснования схемных решений под углом зрения эксплуатационной эффективности; обоснования концепций и правил управления; синтеза управляющих и информационно-измерительных систем (ИИС), комплектации программного обеспечения.

Эксплуатация ИТПС. Существующие нормы эксплуатации ТПС регламентируют проведение ремонтных работ в соответствии с нормативным сроком службы оборудования. При этом на фоне прогрессирующих тенденций общего старения этого оборудования, с одной стороны, выполнение этих норм становится нереальным, а с другой – следование этим нормам не вполне рационально. Так, срок службы трубопровода зависит от конкретных условий его эксплуатации, которые в свою очередь зависят от множества факторов (качества транспортируемой среды, ее температуры, давления, скорости, грунтовых условий, наличия и параметров электромагнитных полей и т.д.), влияние которых не поддается однозначной априорной оценке. При этом фактический срок службы может отличаться от нормативного в несколько раз, причем как в большую, так и в меньшую сторону. В связи с этим, концепция ИТПС должна опираться на планирование ремонтных работ не по регламенту, а по фактическому состоянию, что предполагает широкое применение методов технической диагностики, идентификации, создание информационно-аналитических систем для накопления статистики повреждаемости, ее анализа и оптимального планирования ремонтных работ. В целом это должно обеспечить повышение надежности ТПС при одновременном сокращении затрат на профилактические и восстановительные работы.

Многоуровневое технологическое управление. Рассмотрение концепций технологического управления ТПС требует привлечения понятий календарно-временной и территориально-организационной иерархии управления. Во времени можно выделить уровни планирования режимов и оперативного (диспетчерского) управления. Уровни территориально-организационного управления определяются технологической схемой конкретной ТПС (одноуровневая, иерархическая), а также ведомственной принадлежностью ее составляющих. Последнее обстоятельство, а именно, ведомственная разобщенность технологически связанных частей ТПС, существенно осложняет процесс управления, снижая его эффективность. Концепция ИТПС, в том числе, призвана снять эти барьеры.

Планирование режимов ИТПС. На практике, задачи планирования нормальных и послеаварийных режимов ТПС решаются эпизодически. Эта эпизодичность обусловлена большим объемом работы по подготовке и уточнению информации о схемах и параметрах ТПС, проведению многовариантных расчетов высокой сложности, решению нетривиальных задач анализа и сравнения вариантов. Поскольку результаты разработки эксплуатационных режимов достаточно быстро устаревают, такая эпизодичность приводит к снижению эффективности ТПС в нормаль-

ных, и тем более в аварийных ситуациях. Процесс планирования ремонтно-восстановительных работ зачастую проводится в отрыве от планирования режимов, что приводит к нарушениям в обеспеченности потребителей по сравнению с оптимальными вариантами организации таких работ.

Концепция ИТПС должна предусматривать автоматизацию планирования основных (эксплуатационных), послеаварийных и «ремонтных» режимов на основе применения методов математического моделирования и компьютерных технологий. Самостоятельное значение здесь приобретают вопросы адекватности применяемых моделей фактическому состоянию ТПС, а также прогнозирования внешних условий. До настоящего времени их решение сдерживалось отсутствием развитых ИИС, что во многом ставило под сомнение саму целесообразность применения методов математического моделирования. Концепция ИТПС, предусматривающая создание полномасштабных ИИС, призвана создать качественно новую ситуацию, обеспечивающую возможность идентификации моделей ТПС, процессов потребления, и, соответственно, возможность самого широкого, эффективного применения этих моделей в задачах управления.

Оперативное технологическое управление ИТПС. В настоящее время в ТПС доминирующее положение занимает простейшая концепция управления «по регламенту», в соответствии с которой решения по управлению принимаются по косвенным признакам, а последствия управления (степень обеспеченности потребителей, допустимость и оптимальность режимов) остаются ненаблюдаемыми.

Известны попытки разработки и применения систем управления, базирующихся на концепции «черного ящика», когда управление ведется на основе формальной модели, связывающей режимные параметры источника и некоторого характерного (диктующего) потребителя, который снабжается средствами дистанционного измерения. Недостатками такого подхода являются: применимость для разветвленных сетей (без контуров) с одним источником; потеря адекватности модели при любых изменениях структуры или параметров сети; ненаблюдаемость уровня снабжения других потребителей и др.

Концепция ИТПС позволит снять практически все проблемы, связанные с переходом и полномасштабным применением наиболее прогрессивной концепции адаптивного оптимального управления с обратной связью. Переход на эту концепцию обеспечит:

- 1) полную наблюдаемость режима, включая параметры основных сооружений, сетей и потребителей;

2) возможность контроля в реальном времени допустимости этих режимов, как по технологическим ограничениям, так и по степени обеспеченности потребителей;

3) оперативность обнаружения и локализации аварийных ситуаций и, соответственно, минимизацию ущербов и дефицитов;

4) оптимальность управления за счет адаптации процессов принятия решений к изменениям, как внешних условий, так и внутреннего состояния ТПС.

Таким образом, повышение эффективности управления здесь достигается за счет повышения объема и качества информации, обеспечивающей возможность применения методов и алгоритмов идентификации и оптимального управления в пространстве состояний ТПС.

Единое информационное пространство ИТПС. В настоящее время достаточно интенсивно ведутся работы по информатизации большинства предприятий и организаций, участвующих в процессах водо-, газо-, теплоснабжения городов России. Однако в большинстве случаев эти работы носят так называемый «очаговый» характер, когда соответствующее информационное и программное обеспечение разрабатывается и внедряется независимо не только в разных организациях одного города, но и для отдельных служб этих организаций (экономических, сбытовых, плановых, режимных, диспетчерских и т.д.). При этом, с одной стороны, информация во многом дублируется (что связано с неизбежными ошибками, несогласованностью, трудоемкостью параллельной поддержки этой информации и т.д.), а с другой, имеющаяся информация в одной информационной системе, не предназначена для применения в другой, либо вовсе отсутствует.

Существующая практика оснащения ТПС средствами измерения в основном направлена на реализацию местного контроля управляемых параметров. При этом основная масса измерительных приборов оказывается сосредоточенной на источниках, насосных станциях, регулирующих и прочих сооружениях и в меньшей степени на трубопроводных коммуникациях и у потребителей, что делает ненаблюдаемой картину потокораспределения и, как следствие, ведет к невозможности оперативного контроля степени обеспеченности потребителей, технического состояния сетей, оптимальности режимов работы ТПС. Внедряемые на сетях и сетевых сооружениях SCADA-системы фактически лишь автоматизируют процессы дистанционного снятия показаний в рамках традиционного подхода к расстановке измерительных приборов. Создаваемые системы коммерческого учета целевого продукта не предназначены для применения в целях технологического управления.

Таким образом, создается ситуация, когда объемы и оперативность

получения информации возрастают, а ее полномасштабное многоцелевое использование существенно затруднено, либо невозможно.

Концепция ИТПС должна предусматривать одновременное создание как единых корпоративных информационных систем организаций, участвующих в процессах снабжения, так и единых информационно-измерительных систем для всех этих организаций. Интеграция этих систем создаст основу единого информационного пространства ИТПС.

Ключевое значение в рассматриваемой концепции имеет задача интеграции систем технологического и коммерческого учета, поскольку наличие информации о потреблении имеет решающее значение для эффективного управления. В настоящее время имеются и бурно развиваются технологии дистанционного коммерческого учета. Потенциально они позволяют снимать показания с узлов учета не только раз в месяц (что нужно для выставления счетов на оплату), но практически в реальном времени, причем по любому узлу учета, по любому параметру этого узла, в любое время и в любом месте. Представляется, что именно интернет-технологии и технологии сотовой связи должны быть взяты за основу информационного пространства ИТПС.

Поливалентность ИТПС. ИТПС должны обеспечивать платформу не только для согласования интересов, требований и возможностей сторон, участвующих в процессах выработки, транспорта и потребления целевого продукта, но также для согласования этих позиций со смежными системами (электро-, газо-, водоснабжения и др.). Действительно, режимы работы этих систем становятся все более жестко связанными. Так, электроэнергетические системы связаны с ТПС на уровне источников (расхода, давления, температуры), а для теплоснабжающих систем также – по совместной выработке тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. Последние выступают в роли крупных потребителей систем водоподогрева и газоснабжения. В последнее время все более отчетливо проявляется связь разных систем на уровне конечных потребителей, которая обусловлена появлением более широких (чем ранее) возможностей локального преобразования одних ресурсов в другие с помощью различного рода бытовых и промышленных отопительных и нагревательных приборов, кондиционеров и т.д.

В связи с этим возникает проблема согласования режимов работы разных систем и совместного управления потреблением. Концепция ИТПС должна обеспечивать максимальную эффективность ТПС при минимальных неудобствах для потребителя. Такие противоречивые требования целесообразно обеспечивать на основе совместного применения технологических методов ограничения потребления (на основе индивидуального обоснования для каждого потребителя) и экономических (на

основе введения плавающих тарифов). В настоящее время разрабатываются технологии, потенциально обеспечивающие двухстороннюю связь между бытовыми приборами и сетью, так, что приборы меняют свое потребление в зависимости от состояния сети.

В этом контексте следует отметить перспективность интеграции информационного пространства для систем разных типов, имеющих общие связи по производству, транспорту и потреблению взаимозаменяемых или взаимосвязанных ресурсов (тепловая и электрическая энергия, газ, вода и т.д.). Создание таких систем не только позволит синхронизировать решения по управлению, но и значительно удешевит сами ИИС.

Таким образом, раскрыта актуальность разработки и развития концепции Smart Grid применительно к ТПС энергетики и коммунального назначения. На фоне анализа основных проблем сложившейся практики проектирования, эксплуатации и управления ТПС раскрыто содержание основных направлений их преодоления за счет перехода на эту концепцию. Выделены ключевые характеристики, которым должны удовлетворять ИТПС, включая: высокую степень техноэкономической управляемости и наблюдаемости; наличие единого информационного пространства; применение методов адаптивного оптимального управления в пространстве состояний с обратной связью; поливалентность.

1.Кобец Б.Б., Волкова И.О. SMART GRID как концепция инновационного развития электроэнергетики за рубежом // Энерго Эксперт. – 2010. – №2. – С.52-58.

2.Концепция Энергетической стратегии России на период до 2030 г. (проект) // Прил. к научн., обществ.-дел. журналу "Энергетическая политика". – М.: ГУ ИЭС, 2007. – 116 с.

3.Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.

4.Новицкий Н.Н. Актуальные задачи математического моделирования трубопроводных систем и развитие методов теории гидравлических цепей для их решения // Математическое моделирование трубопроводных систем энергетики: Тр. XII Всеросс. научн. семин. с междунар. участ. «Математические модели и методы анализа и оптимального синтеза развивающихся трубопроводных и гидравлических систем», 20-26 сентября 2010г. [Электронный ресурс]. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010. – 534 с.

Получено 09.11.2011